УДК 629.7.063.017
ГРНТИ 78.25.13

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ БОЕВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДУШНОГО СУДНА С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ

Е.В. ФЕТИСОВ, кандидат технических наук, доцент
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
И.И. ЗАВЯЛИК
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
В.В. КОРОЛЕНКО, кандидат экономических наук
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

В статье предложен частный критерий, обеспечивающий оценку влияния безотказности топливной системы воздушного судна на вероятность его надежной работы при выполнении полетного задания и, как следствие, на боевую эффективность.

Ключевые слова: безотказность; топливная система; боевая эффективность; техническое состояние.

DEVELOPMENT OF THE EVALUATION CRITERIA COMBAT EFFECTIVENESS AIRCRAFT SUBJECT TO TECHNICAL CHANGES THE CONDITION OF THE FUEL SYSTEM

E.V. FETISOV, Candidate of Technical Science, Associate Professor
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
I.I. ZAVYALIK
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
V.V. KOROLENKO, Candidate of Economic Science
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)

In the article the private criterion, providing the impact assessment of the reliability of the fuel system of the aircraft on the probability of reliable operation while performing the flight task and, as a consequence, combat effectiveness.

Keywords: reliability, fuel system, combat effectiveness, technical condition.

Одним из ключевых вопросов при принятии решений по созданию новых и модернизации существующих воздушных судов (ВС) является оценка боевой эффективности (БЭ) при выполнении типовых задач по предназначению. Для оценки эффективности боевых авиационных комплексов (БАК) используются различные подходы, каждый из которых имеет положительные и отрицательные стороны. Одной из типовых задач, возлагаемых на ударные самолеты, является поражение наземной цели (НЦ).

Если процесс выполнения боевой задачи возможно разбить на отдельные промежуточные этапы (события) и конечный результат представить в виде произведения этих событий, тогда вероятность его достижения можно представить в виде произведения вероятностей наступления всех промежуточных этапов [1]. Данный подход, применительно к ударному боевому авиационному комплексу (УБАК), на основании формирования схемы функционирования УБАК (рис.1) позволяет сформировать критерий БЭ:

СОДЕРЖАНИЕ

$$W_{БЗ} = P_0 \bar{P}_{ПВО} P_{вых} P_{пор} \quad (1)$$

Схема функционирования ударного боевого авиационного комплекса (УБАК) приведена на рисунке 1. Основные этапы функционирования УБАК включают: подготовку к полету *1*, полет к цели *2*, прорыв зоны ПВО *3*, выход на цель *4*, поражение цели *5* и возвращение на аэродром основного базирования *6*.

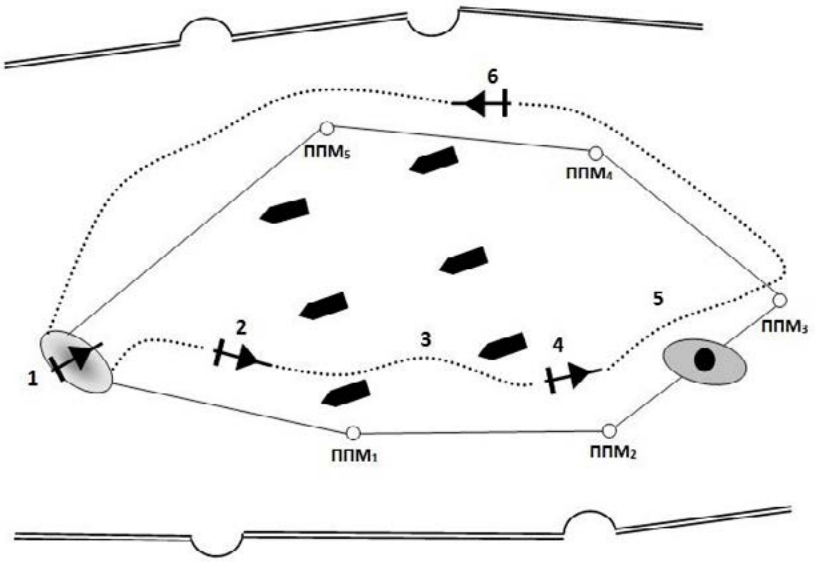

Рисунок 1 – Схема функционирования УБАК

Анализ выражения (1) показывает, что при оценке БЭ учитывается влияние различных факторов только на этапе подготовки ВС к выполнению боевого задания, т.е. P_0 – вероятность своевременного вылета характеризует эффективность функционирования наземной системы управления и технических средств инженерно-авиационного и авиационно-технического обеспечений; $\bar{P}_{ПВО}$ – вероятность преодоления ПВО противника характеризует маневренные свойства ВС, эффективность выбора маршрута полета, бортовых средств РЭБ, живучесть ВС; $P_{вых}$ – вероятность выхода на линию боевого пути, которая характеризует эффективность функционирования бортовых средств, прицельно-навигационного комплекса и наземной системы управления; $P_{пор}$ – вероятность поражения НЦ характеризует эффективность функционирования бортового комплекса вооружения.

Однако в процессе выполнения полетного задания возможно проявление отказов систем ВС, что приведет к невыполнению боевой задачи. В то время как, частный критерий P_0 характеризует эффективность одного этапа – подготовку ударного самолета к полету, но далее не рассматривается состояние ВС до завершающего этапа функционирования.

Устранение данного недостатка может быть реализовано при помощи выражения (2), применяемого при проведении испытаний авиационной техники [2]:

$$W_{БЗ} = \bar{P}_A P_{СВ} \bar{P}_{ПВО} P_Б P_{ВЫХ} P_{ПОР} \quad (2)$$

СОДЕРЖАНИЕ

где $\bar{P}_{А}$, $P_{СВ}$, $\bar{P}_{ПВО}$, $P_{Б}$, $P_{ВЫХ}$, $P_{ПОР}$ – вероятность соответственно не поражения ВС на аэродроме, своевременного вылета (нанесения удара по цели), преодоления ПВО и безотказности при полете к цели, выхода (наведения) на цель и ее поражения.

Тогда, используя выражения (1) и (2), критерий БЭ может быть представлен следующим образом:

$$W_{БЗ} = P_0 \bar{P}_{ПВО} P_{Б} P_{ВЫХ} P_{ПОР} \quad (3)$$

Таким образом, выражение (3) позволяет определить вероятность выполнения боевой задачи с учетом особенностей летно-технических характеристик ВС, а также вероятности безотказного состояния ВС на всех этапах выполнения боевого задания.

Причиной невыполнения полетного задания ВС может быть и изменение технического состояния его функциональных систем. В одном случае ВС может оказаться не готовым к вылету на момент получения задания по причине проведения регламентных, периодических, восстановительных работ, устранения возникших неисправностей. Соответственно, вероятность своевременного вылета $P_0 = 0$. В другом случае невыполнение полетного задания может произойти из-за отказа самолета в воздухе $P_{Б} = 0$. Эти случаи характеризуют такое свойство самолета, как безотказность, т.е. его способность непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение времени выполнения полетного задания, входящее в более общее свойство – надежность. Таким образом, произведение вероятности своевременного вылета P_0 (1) на вероятность безотказности ударного самолета при выполнении полетного задания $P_{Б}$ (2) можно представить как вероятность надежной работы ВС при выполнении полетного задания – $P_{НАД}$:

$$P_{НАД} = P_0 P_{Б} \quad (4)$$

С точки зрения теории надежности отказы и неисправности в системах ВС характеризуются причинами и условиями их возникновения, а также последствиями и влиянием на безопасность полетов и выполнение боевой задачи. Что требует дополнительного учета и анализа безотказности жизненно важных систем ВС.

Поскольку вероятность своевременного вылета ВС P_0 включает в себя: постановку задачи, выработку решения, целераспределение, а также подготовку ВС и аэродрома к вылету, а в данной работе рассматривается непосредственно ВС, как объект вооружения и военной техники, то выражение (4) можно представить в виде:

$$P_{НАД} = K_{ТГ} P_{Б} \quad (5)$$

где $K_{ТГ}$ – коэффициент технической готовности самолета к выполнению полетного задания [3] позволяет дать ответ на вопрос: с какой вероятностью ВС будет готов к вылету по своему техническому состоянию [1] и определяется:

$$K_{ТГ} = K_{ПП} K_{ГВ} \quad (6)$$

где $K_{ПП}$ – коэффициент планируемого применения; $K_{ГВ}$ – коэффициент готовности ВС к вылету, зависящий от готовности к вылету всех его систем. Принимая во внимание, что топливная система (ТС) является жизненно важной системой ВС и зависит от качества применяемого авиационного топлива, представим:

СОДЕРЖАНИЕ

$$K_{ГВ} = K_{ГВТ.С} K_{ГВО.С} \tag{7}$$

где $K_{ГВТ.С}$ – коэффициент готовности к вылету ТС ВС; $K_{ГВО.С}$ – коэффициент готовности к вылету остальных систем ВС.

Коэффициент готовности к вылету ТС ВС можно определить по формуле [2]:

$$K_{ГВТ.С} = 1 - P_{НИТ.С} P_{НВТ.С} \tag{8}$$

где $P_{НИТ.С}$ – вероятность того, что ТС ударного самолета окажется неисправной при подготовке к вылету.

Анализ выполненных работ [4] в области исследования надежности ТС ВС позволяет выбрать частный показатель $B(t,\Delta)$ – вероятность безотказной работы ТС при использовании топлива с реальными загрязнениями. С учетом выбранного показателя $P_{НИТ.С}$ можно определить:

$$P_{НИТ.С} = 1 - e^{-[1-B(t,\Delta)]P_{ОТК}} \tag{9}$$

где $P_{ОТК}$ – вероятность обнаружения отказа при подготовке к полетам.

Вероятность того, что отказ ТС ВС, проявившийся во время подготовки к вылету, не будет устранен и работоспособность ТС не будет восстановлена $P_{НВТ.С}$ (8), может быть определена согласно методике, изложенной в [1].

Вероятность безотказной работы ВС $P_{бз}$ за время выполнения полетного задания (5) зависит от безотказности работы всех его систем за тот же период. Безотказность работы ТС ВС является одним из главных условий его надежности. ТС предназначена для размещения на борту ВС определенного количества топлива и его постоянной и безотказной подачи в двигатель как в полете, при любых возможных эволюциях и перегрузках самолета, так и на земле и зависит от качества применяемого авиационного топлива. Таким образом, вероятность безотказной работы ВС за время выполнения полетного задания (5) можно записать в виде:

$$P_{НАД} = K_{ТГ} B(t,\Delta) P(t)_{О.С} \tag{10}$$

где $P(t)_{О.С}$ – вероятность безотказной работы остальных систем ВС за время выполнения полетного задания.

Если принять допущения, что коэффициент $K_{ПП}$ планируемого применения ВС, коэффициент $K_{ГВО.С}$ готовности к вылету остальных систем ВС, вероятность $P_{НВТ.С}$ неустранения отказа ТС ударного самолета, проявившийся во время подготовки к вылету, и невосстановления работоспособного состояния ТС, вероятность обнаружения отказа $P_{ОТК}$ при подготовке к полетам и вероятность безотказной работы остальных систем $P(t)_{О.С}$ ВС за время выполнения полетного задания считаются заданными и не варьируемыми, то с учетом проведенных математических преобразований (4) – (10) выражение (3) можно представить в виде:

$$\begin{aligned} W_{БЗ} &= P_0 \bar{P}_{ПВО} P_Б P_{ВЫХ} P_{ПОР} = P_{НАД} \bar{P}_{ПВО} P_{ВЫХ} P_{ПОР} = K_{ГВТ.С} B(t,\Delta) \bar{P}_{ПВО} P_{ВЫХ} P_{ПОР} \\ &= (1 - P_{НИТ.С}) B(t,\Delta) \bar{P}_{ПВО} P_{ВЫХ} P_{ПОР} = e^{-[1-B(t,\Delta)]} B(t,\Delta) \bar{P}_{ПВО} P_{ВЫХ} P_{ПОР} \end{aligned} \tag{11}$$

СОДЕРЖАНИЕ

Таким образом, предложенный частный критерий оценки БЭ УБАК позволяет учитывать возможные изменения технического состояния ТС ВС на всех этапах выполнения боевого задания при воздействии эксплуатационных факторов, к которым относится чистота применяемого авиационного топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боевые авиационные комплексы и их эффективность: учебник для слушателей и курсантов инженерных ВУЗов ВВС // И.В. Арбузов, О.В. Болховитинов, О.В. Волочаев [и др.]. М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008. – 224 с.

2. Мышкин Л.В. Прогнозирование развития авиационной техники. М.: ФИЗМАЛИТ, 2006. – 304 с.

3. Анцелиович Л.Л. Надежность, безопасность и живучесть самолета. М.: Машиностроение, 1985. – 296 с.

4. Тимеркеев Р.Г., Сапожников В.М. Промышленная чистота и тонкая фильтрация рабочих жидкостей летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1986. – 152 с.

REFERENCES

1. Combat aircraft systems and their effectiveness: a textbook for students of engineering schools of the air force // V. I. Arbuzov, O. V. Bolkhovitinov, O. V. Volochaev [and others]. M.: Publishing House. Vvia im. prof. E. Zhukovsky, 2008. – 224 p.

2. Myshkin L. V. forecasting the development of aviation technology. M.: FIZMATLIT, 2006. – 304 p.

3. Ancelovici L. L. the Reliability, safety and survivability of the aircraft. M.: Mashinostroenie, 1985. – 296 p.

4. Timerkeev R. G., Sapozhnikov, V. M. Industrial purity and fine filtration of fluids for aircraft. M.: Mashinostroenie, 1986. – 152 p.

© Фетисов Е.В., Завялик И.И., Короленко В.В., 2017

Фетисов Евгений Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника кафедры инженерно-авиационного обеспечения, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu @mail.ru

Завялик Иван Иванович, младший научный сотрудник научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru

Короленко Виктор Владимирович, кандидат экономических наук, начальник отдела научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru

СОДЕРЖАНИЕ